雙 月 刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 136
2012 JUNE

國內核災救援能力總體檢

核子事故緊急應變的行動逃生系統

核能對世界能源的貢獻和角色

英國二〇一一年核能減碳有功

瑞士廢核代價三〇〇億美金

強震之下 日本女川核電廠 屹立不搖機能健全

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.136 雙月刊

June 中華民國一〇一年6月號

封面圖片：丹麥的藍山雀

特別報導

新書搶先報

熱門話題

核能脈動

核能新聞

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號研發大樓 208 室
電　　話：(03) 571-1808
傳　　真：(03) 572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、徐懷瓊、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
顧　　問：喻冀平
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、陳婉玉
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段 166 號 6 樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠

編者的話

日本反核律師河合弘之接受天下雜誌（第 496 期）採訪時表示：「許多人說，廢核後電力不足，都是騙人的。電費會變貴又怎麼樣。說電費漲了之後，產業會空洞化，製造業要外移，其實日本早在 30 年前就開始外移了。」以及：「核能停用，火力發電也有能力補足。雖然這樣一來二氧化碳會增加，但這是沒辦法的，只能和全世界說抱歉，日本就是個不能發展核能的國家。」

2011 年福島事故之後，清華大學的清華學院曾在校內舉辦「擁抱還是拒絕核電—台灣的未來」座談會，會中曾有學生直言：「我覺得反核人士都是在打高空，寧可調高電價也不願意接受核電，這讓我覺得像是有錢人不顧窮人死活的心態。」恰可回應河合律師的論調。

2012 年 5 月 5 日，日本北海道的泊核電廠 3 號機停止運轉，開始大修，日本 54 座核能機組自此全部停機，正式進入零核電時代，從一個對核電依賴約 30%的核電大國，徹底蛻變成一個無核電國家。但是日本的核工業並未就此停擺，日本政府明確表示，將繼續對國際間輸出核電設備與技術，競標各國興建核電廠的訂單。世界各國看在眼裡，定然五味雜陳。

日本工商貿易部長 Yukio Edano 3 月時表示，今年夏季前沒有 1 座核電廠會恢復運轉，使得日本將面臨 10%的電力短缺。去年夏天，日本採取強制限電，命令一些大企業實現節電 15%的目標。為此，製造業被迫在夜間和週末生產，一些公司安裝家用發電機，減少使用空調、電燈。這些措施奏效，但代價不低。今年日本政府將要求中部和西部大部分企業和家庭，在夏天減少用電量達 20%。

今年日本的企業和消費者將被迫承受電費漲價的痛苦，以及預期會更嚴格的限電措施。可是國內媒體只見到日本的「零核電」，紛紛強力要求政府效法實施。光看馬總統因為油電雙漲措施被輿論抨擊，連黨內同志都不相挺；若是真的將國內核電廠全數關閉，執政團隊將再度面臨調漲電價的壓力，一定又是罵聲不絕，相信到時也不會有人出面相挺吧。

強震之下 日本女川核電廠 屹立不搖 機能健全

譯·朱鐵吉

2011年3月11日日本大地震的震源，是在宮城縣牡鹿半島東南東120公里、深24公里的海底，接近震源的太平洋海岸部分地盤均往下沉，牡鹿半島因地震而下沉1.2公尺。地震發生時，座落在牡鹿半島上、東北電力公司的女川核電廠3部反應爐正在運轉。芮氏9級的地震，導致女川電廠有感地震約為6級。反應爐基地下2樓的地震加速度為567.5gal，比2005年8月的地震加速度251.2gal，高達2倍以上。女川電廠建廠時預估地震開始0.5秒後，最大值為580gal，此次的地震幾乎已達到預估的地震基準最高值。

14時46分地震發生時，3部反應爐立刻全部自動停機。1號機（54萬4,000瓩），3號機（82萬5,000瓩）地震發生時均正常運轉發電中，自動停機後，反應爐也正常進行冷卻降溫，1號機於2月12日0點12分，2號機於12日1時17分均降溫至100℃以下，即「冷溫停止狀態」。而2號機（82萬5,000瓩）則是在地震發生前46分，即11日14時0分，控制棒才一根一根抽出，開始進行臨界運轉，地震後立刻停止臨界運轉，此時反應爐尚處在「冷溫停止狀態」，所以一旦停止運轉就不必做降溫的操作。

地震後的女川核電廠，由於地震太大導致外部電源的5組饋線中有4組斷電，其他1組可正常供電。有了1組饋線的供電已足夠供給核電廠所有操作所需的電力，3月17日至26日間，其他4組饋線的供電也陸續恢復正常。

女川電廠的緊急用電源不受地震影響，均能正常供電，但2號機的B系統柴油發電機以及高壓爐心的噴淋系統的柴油發電機、



▲圖1 滿目瘡痍的女川町（2011.10.28攝）


▲圖 2 受災嚴重的女川町（2011.10.28 攝）


▲圖 3 女川核電廠（2011.10.28 攝）

冷卻水系統熱交換器因海嘯浸入海水而無法使用。但是，同樣的 2 號機 A 系統的柴油發電機還能夠使用。由於其他的柴油發電機輸出的電力互相可以融通使用，因此廠內的電源能夠十分的確保。1-3 號機的情形分別為「停止運轉」、「冷卻」和「關閉」，均能依原來的設定正常操作。

海嘯不只破壞生活環境，福島電廠釋出的放射性物質對環境造成很大的傷害。由於女川電廠基地的海拔比海嘯的高度更高，所以沒有被海嘯侵襲，此為不幸中的大幸。這一次的海嘯對福島和女川電廠的影響作比較的話，東北電力公司在女川電廠建造之初，即考慮到西元 869 年的「貞觀海嘯」、1611 年的「慶長三陸地震海嘯」、1896 年的「明治三陸地震海嘯」以及 1933 年「昭和三陸地震海嘯」等歷史紀錄，做了詳細而深入的調查，綜合判斷後決定女川電廠建造在海拔 14.8 公尺的基地上。

核電廠的堅固與防禦海嘯之道

地震的震動對女川電廠的細部影響，3 號機反應爐內經確切檢查結果，認定大致沒有問題；地震時才開始啟動運轉的 2 號機也確定和 3 號機一樣沒有什麼問題。至於渦輪發電機，正在運轉的 3 號機渦輪機，地震時為 1 分鐘 1500 回轉數在運轉中，地震的搖晃使葉片與周邊的裝置產生摩擦；2 號機因為才要啟動運轉尚未達到臨界，蒸汽尚未到達渦輪機，因此渦輪機並未運轉；1 號機的反應爐經詳細檢查，發現高壓電源盤的遮斷器因地震的搖晃導致產生火花，


▲圖 4 海嘯之力使重油槽傾倒


▲圖 5 熱交換器一半浸泡在海水中

電源盤被燒壞。

其他設備如貯存固體廢棄物的貯存桶，在貯存庫房中東倒西歪；建築物的天花板脫落掉入用過燃料貯存池；廠內道路沉陷、輕微的破壞計有 61 件。完全未被破壞的是所有機組的用過燃料貯存池僅僅晃動而已，其中少量的水濺出飛散至主建築物內。

福島核一廠最大的事故是強烈海嘯的侵襲，女川電廠也是自芮氏 9 級大地震發生後 43 分鐘，即 15 點 29 分受到 13 公尺高的大海嘯侵襲。由圖 1、圖 2 可看出海嘯的破壞威力。由於女川電廠座落在 14.8 公尺的地盤上，雖然因大地震地盤全部下沉約 1 公尺，但也有 13.8 公尺高，因此未被巨大海嘯吞沒，而逃過一劫（圖 3）。但是，港灣的設施、冷卻水的取水設備等則被海嘯破壞。核電廠的港灣地震前高於海面 3.8 公尺，地震後下陷至 2.5 公尺，在港灣設置供 1 號機使用的重油槽（容量 96 萬公升），朝向海的方向傾倒。由於海嘯來臨時重油槽被浮在海水上，海嘯退回後重油槽因而傾倒如圖 4，重油槽周圍設置的防油堤已被沖毀看不到蹤跡。海嘯來臨時重油槽存放有 60 萬公升重油，倒壞時有 30 萬公升流失掉，港灣內已設置圍欄防止重油擴散，將海水污染範圍降至最小。

強化核電廠受到浸水的對策

雖然未受到海嘯直接影響，核電廠附屬建築物唯一浸水的是 2 號機反應爐的附屬建築如圖 5。這是反應爐冷卻用海水的取水塔，其中設有固定的潮位計，海嘯經取水路徑（約有 10 噸的水壓）沖走了潮位計。海



▲圖 6 停止的鐘指出海水浸入的時間


▲圖 7 廣大的體育館變身為避難所

水經由配管流入反應爐輔助冷卻系統的熱交換室，流入的海水在熱交換室積水達 2.5 公尺高，熱交換器的下半部全部積水，導致無法運轉，由圖 6 可看到在牆壁上的鐘因浸水停擺的時間。

女川電廠的 8 台幫浦立刻將海水抽出去，被海水浸泡的幫浦和熱交換器清潔之後，熱交換器很快地即可正常運轉。由於福島核一廠遭海水直接灌入建築物內，女川核電廠根據此次經驗，已進行緊急時能封閉建築的防水工程。女川電廠未被海嘯直接破壞，外部電源及緊急用柴油發電機都沒有受到影響而正常運作。以防禦地震的觀點來說，芮氏 9 級的大地震直襲核電廠，原先的設計基準能否抵抗這種震動，從女川電廠此次受地震影響尚能屹立不搖可做見證，核電廠的建設已通過考驗，是十分的堅固。有人說：「大地震來臨時逃到核電廠較安全。」以女川電廠的情況來說此言不差。

核電廠是居民避難處

地震發生後，女川電廠迅速在本館（海拔 13.8 公尺）內成立「緊急應變對策本部」。首先確認所有突發的狀況，之後，發出大海嘯將來襲的警報，和緊急疏散與運轉無關的作業員及職員，疏散至海拔 61 公尺高的「保修中心」避難。當時與仙台東北電力總部的聯絡電話或手機均已不通，只有東北電力公司獨自設置的保安電話及衛星電話尚可暢通。

因地震而使電廠附近的道路柔腸寸斷，電廠與周邊無法聯繫形成孤立狀況。電廠附近女川町和石巻市的居民都跑到電廠的展覽館避難（該地海拔甚高），由於展覽館內沒水沒食物，所以請居民移到核電廠的辦公室內避難。原本核電廠內平常有使用放射性物質，依防護的觀點核電廠不是避難場所，但是在「人命優先」的狀況下只好採取這種措施。

之後，由於居民前來避難的人數一再增加，電廠內的體育館遂改為避難場所如圖7，該館的牆壁設置有嵌入式電暖器，由於天花板高而暖氣並不十分充足，但已不感到寒冷，另設置睡床讓居民暫時安居。地震發生3天後，共有364人來避難，滯留期間為3月11日至6月6日。

震災之初道路柔腸寸斷，食物及水無法以陸路供應。東北電力公司租用直升機運補，但因直升機無法大量載運物資，日本自衛隊亦派直升機支援運輸物資。2011年3月12日20點20分大海嘯的警報解除後，3月15日深夜部分道路搶通，物資的補給較為容易。電力公司的職員及承包工程的員工都能返家，回家後才知他們的家族中亦有人因海嘯而遇難。

核電廠未受破壞，但至今尚不能運轉

電廠受到地震及海嘯破壞，並不是只有核電廠。單以東北電力公司被破壞的火力電廠有八戶、仙台、新仙台以及原町4個發電廠（合計364萬6,000瓩），水力發電廠有29個電廠（加上2011年7月新潟、福島豪雨影響，總計約有100萬瓩）、46座鐵塔、72個變電所、90台變壓器、177台遮斷器、403台的斷路器，配電設備中高壓電線斷線處有92,370處，很多配電設備被破壞。地震後東北電力公司發生史無前例的大停電，停電的範圍廣達青森縣、岩手縣、秋田縣、宮城縣、山形縣全部地區，福島縣則有部分。

地震3天後復舊工程約恢復80%，8天後約94%，至3月底約達成96%，至6月18日全面完成送電。這次復舊工程，各電力公司的員工全部動員，發電、送電、配電以及政府不介入的自發性行動，在這種大停電的狀況下能夠迅速恢復供電是大家當初想像不到的事。

東北電力公司恢復供電的作法，是火力和水力發電優先。1個月內供電能力恢復到1,342萬瓩。其中包括支援東京電力公司的電力。

東北電力公司的東通核電廠(100萬瓩，青森縣東通村），3月11日地震時，正好處在停機定期檢查中，其電廠因地震的搖晃，觀測到加速度17gal，沒有受到地震及海嘯的破壞，隨時可以開始運轉發電，但是當時日本首相菅直人下令核電廠導入壓力測試，尚未重啟運轉。

高水準的緊急電源可確保安全

東日本大震災後，核電防災對策最受注目的是如何確保緊急用電源。2011年3月30日日本經濟產業部要求東北電力公司盡



▲圖 8 施工中的大型緊急用柴油發電機



▲圖 9 最好別用上的緊急救援器具

快提出報告。東北電力公司擬訂緊急時安全對策，5 月 11 日公開實施訓練，5 月 18 日提出報告書，6 月 14 日提出嚴重偶發事故的對應報告書。

其內容之一，女川電廠再配備 4 部新的專用高壓電源車，就是考慮所有的狀況，充分準備電源，以防萬一。圖 10 為汽車型的高壓電源車，東北電力公司的輸配電線若因線路故障而停電時，這種電源車可作緊急應變的用途，每一部電源車可發電 400kVA，約可供應 200 個家庭的用電。全國的電力公司若都備有這種發電車，亦可隨時當作核電廠的緊急電源之一。

這種高壓電源車，中央控制室的照明及空調，可應付突然的電力需求。這種電源若備有 4 部，女川電廠 1-3 號機如果同時發生事故時，至少可供應注水幫浦的電力需求。所以隨時應準備好可移動、可發電的電源車，以備緊急情況之用。女川電廠目前均備齊，只要少數的人力，即可在短時間內使 4 部並聯使用。

為應付外部電源的突然中斷，電廠本來就備有緊急用的柴油發電機。不管會不會受到海嘯侵襲，應該在高海拔地區備有柴油發電機，這種安全對策，迄今官方的安全指引書內並未有如此的指示，這是安全專家不可思議的疏失。這次福島事故所欠缺的安全措施，制定法規的當局對海嘯強度的認識可說是太鬆散了些，日本的核電廠已將採取最新的對策。

目前女川電廠考慮在地勢較高的地區

再設置 3 部大容量的氣冷式電源裝置。目前建築物內設置的緊急發電機，在較高的地點亦備有同樣的電源設備。建築物外儲備柴油發電機用燃料 9 萬公升，為了預防地震，燃油槽則設置在地下。2012 年這種發電機將測試運轉。

其他的防災對策──13.8 公尺高的海岸邊，再構築 3 公尺高、全長 600 公尺的防波堤，土壤中混含水泥作成堅固的土牆，2012 年 4 月底前可完成。另一方面，如果 17 公尺以上的海嘯侵襲防波堤，則會滿溢過來，因此重要的機器另設置 2 公尺高的防波堤防水，這項工程亦在 2012 年 4 月完成。

福島事故時，消防車不只是滅火，尚須充當反應爐與用過燃料池的注水之用，所以在最惡劣的情況下應準備消防車可用作供水用途。用過燃料貯存池均處在很高的位置，事先應準備並有效的聯繫，緊急時即可注水。

為維護所有機能的正常狀況，緊急對策



▲圖 10 新型電源車

室應維持正常的運作。2007 年 7 月日本新潟縣中越沖的地震，日本柏崎核電廠辦公室建築的外壁曾經做了補強工程，建造新的避震構造，其他部分也都做了補強工程。

大海嘯帶來的教訓

觀察女川電廠，受到芮氏 9 級的地震尚能十分堅固的屹立不搖，可以證明構造的堅固，這是建造核電廠本來就要有的作法。福島核一廠遇到地震並沒有充分的應變，大海嘯來襲的預防準備不夠，這和美國三哩島事故與蘇聯車諾比爾事故不同，福島核災可說是海嘯造成的，核電廠對這種嚴酷的自然災害應採取防範措施。

海嘯因地震而引起，過去發生的地震和海嘯的大小，以及地震和海嘯分別的影響，其災害也有所差異。因此，在考慮採取各種不同程度的緊急對策時，應考慮世界各國遭受地震和海嘯的經驗，以最嚴重影響事件作為核電廠的基礎設計、安全基準，依這種經驗擬定十二萬分的安全對策是最重要的課題。

對於地震，各電廠是以地震震動加速度來要求耐震構造，具體的擬定對應策略。但是，對於海嘯，日本核能安全委員會於 2006 年 9 月 19 日所決定核反應爐耐震設計審查指針（1981 年 7 月 20 日的改定版）的最後兩項──「設施之供用期間，設想以外發生可能發生的海嘯，設施的安全機能以不受影響為原則」這是不太明確的指引。

日本是以技術和貿易立國，第二次世界大戰廣島和長崎受到核彈的洗禮，日後超越核子武器而改為和平應用核能；60 年來核能發電歷經美國三哩島、蘇聯車諾比爾以及福島事故的教訓，核能安全的問題應深深以此為鑒。

由此教訓，日本處在世界上地震、海嘯、洪水等眾多災害的地區，未來核電廠的設計要確立更高標準的安全基準。女川電廠的基地比 13 公尺的海嘯更高，建廠時的慎重考慮的確是未雨綢繆的遠見。在十幾公尺高的岩盤上建廠，雖然在抽取冷卻用海水時會大量消耗電能，是一項負面的因素，東北電力公司經過多方面考量下，作出先知一般的決定，真是明智之舉，也獲得了各界高度的評價。

以自然聞名的宮城縣

女川町位於宮城縣東部牡鹿郡。鄰近最大水深達 36 米的女川灣，是宮城縣許多大型船隻的停泊地，位於女川灣的女川漁港也是重要漁獲產地。女川町同時也位處於南三陸金華山國定公園中，轄區內有女川核電廠，且其安全性在福島第一核電站事故發生後獲得各界高度關注。

至於宮城縣，位於面臨太平洋的日本東北部。以仙台市為中心，一側鄰近大海，北部是錯綜複雜的海岸，松島以南則是平緩的海灘，西側的內陸地帶是高達千米左右的山巒。宮城有著鮮明的地理特點，如溫泉與自然景觀，是許多愛好自然旅遊的觀光客的最愛，其中以日本三景之一而著稱的松島，有自然資源豐富的藏王以及與陸中海岸相接的南三陸金華山國定公園內的裏亞式海岸為最聞名。

來源：”Onagawa Nuclear Power Station Stands Robust-Wise Decisions of the Past Save It -,“ Winter 2012 No.76, Plutonium

國內核災救援能力總體檢

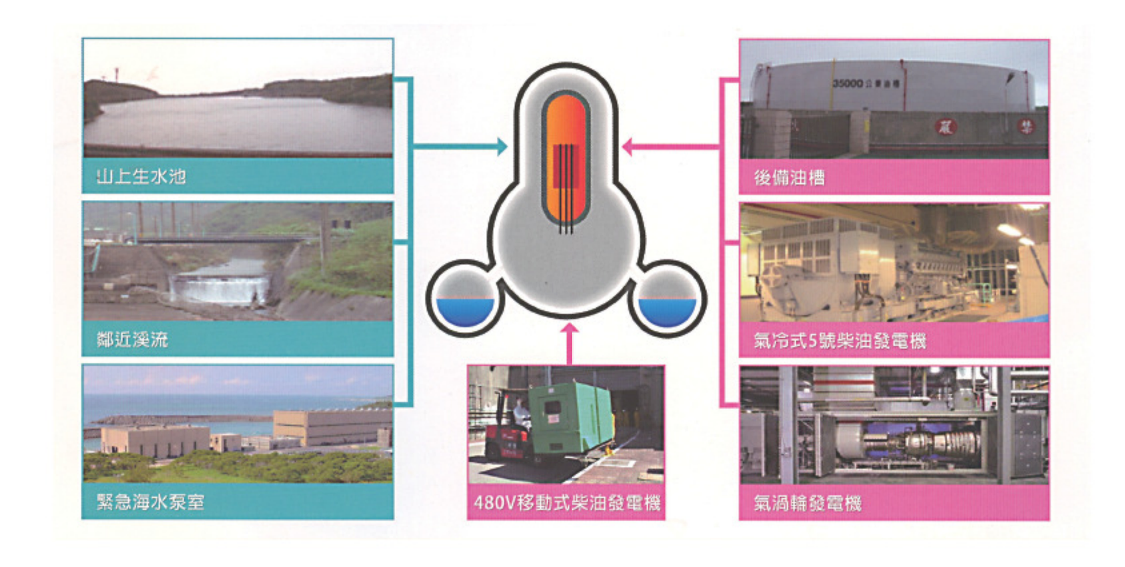
文・編輯室

發生福島核子事故之後，台電公司立即對國內核電廠展開安全防護總體檢，目的是提昇核電廠的防災救援能力，以及減緩並控制超出設計基準的事故。誠如日本女川電廠在 311 震災與海嘯的侵襲之下，正是依賴充分的後備救災設備與因應措施，才能夠屹立不搖、安然度過，甚而成為電廠附近居民的避難所。

檢討應變的救援能力

為因應日本 311 這種超出設計基準的複合型事故，我國核電廠在核安總體檢工作中，特別加強提升救援能力。考量到複合型災害衝擊範圍的全面性，各種防禦設備或水源設施可能會同時喪失。因此，規劃救援電源、水源與氣源時，以多重、多樣以及各自獨立性的防禦策略，充分將廠內外可資利用的資源與方法列入因應與強化方案中，同時將各階電力系統可能被震垮、泡水、道路中斷、水源喪失等可能情境納入考量，立即規劃並採購機動性的電源、水源、氣源與重機件，加強機動性與時效性，以因應各種可能發生的情況。

目前國內各核電廠都已擬出救援設備採購的強化方案，同時也完成各行動策略的操作手冊，條列出操作設備與工具的位置，

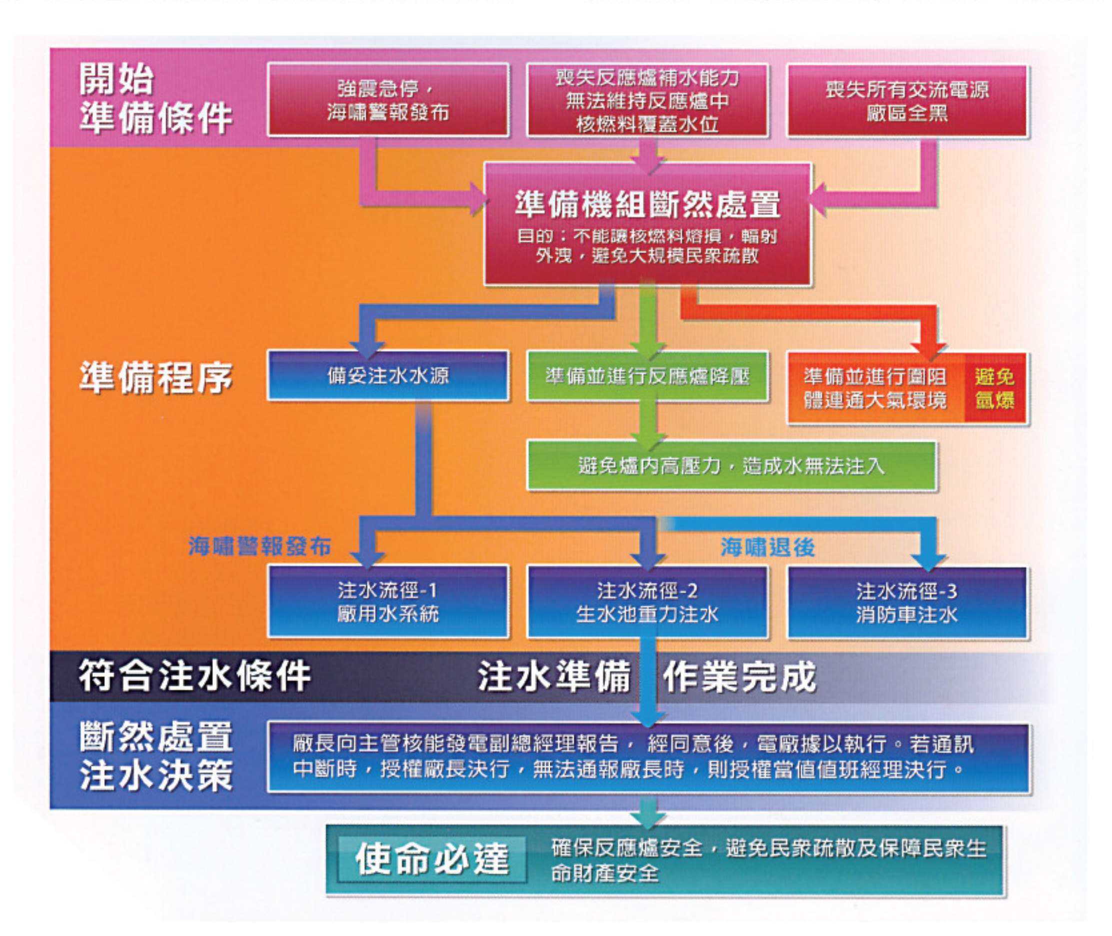


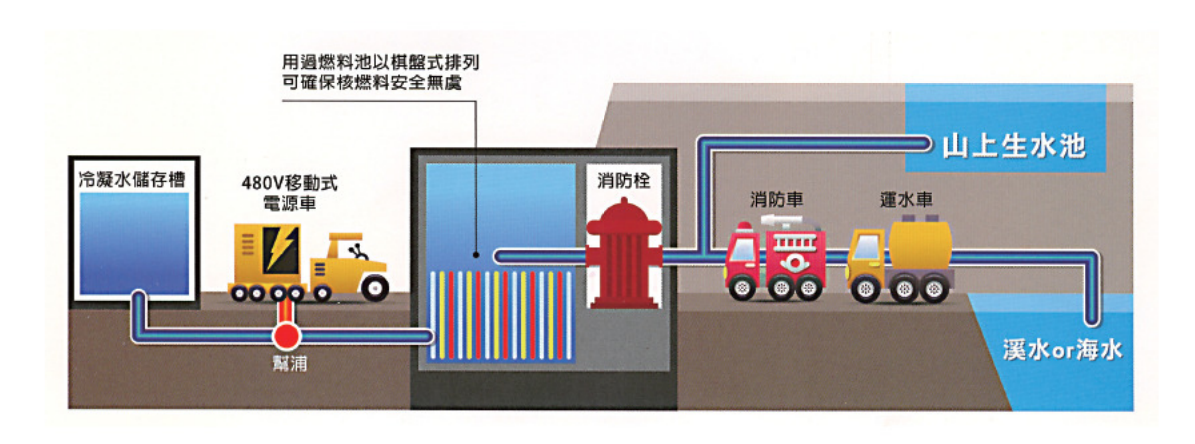
加上簡圖輔助說明。第一線工作人員經過不斷的操作演練，以增加應變的熟練程度。

訂定機組斷然處置措施

機組斷然處置措施是保障民眾健康與財產安全的最終極手段，發生重大的核子事故時，執行斷然處置措施的時機稍縱即逝；當核電廠面臨超出可安全停機的極限狀況時，主事者必須迅速、果斷的做出正確的決定，才能真正發揮功效。

台電公司為防止核燃料熔毀產生輻射外洩，已擬出「機組斷然處置程序指引」，作為電廠執行緊急行動及各類資源排列的程序引導。當發生強震，反應爐緊急停機，同時又發布海嘯警報，電廠出現喪失冷卻水源與所有電源時，必須在 1 個小時內備妥反應爐注水所需水源，使反應爐降壓等因應措施；萬一狀況持續惡化，應於第一時間授





權電廠運轉主管判斷並決策，將預先規劃好的後備水源經重力或以消防車的動力注入反應爐，確保核燃料的完整與安全，以民眾健康與財產安全為第一優先考量。

如果災害持續擴大，我國核電廠訂有長時間的後備救援措施，可提供後備電源與長期冷卻，讓反應爐得以處在長期、安全的冷停機狀態。至於用過燃料冷卻池，各電廠也已備有多種後備水源與電源，可確保用過核燃料長期處於被水覆蓋的安全狀況。

據了解，台電公司已完成相關人員的訓練，進行嚴密的分工與實際演練，務必使得各崗位的工作人員清楚明白自己的角色定位，確認在緊急狀況下能切實遵循執行，穩定、熟練的依序完成各項指定的任務。

我國與福島一廠重要設備的差異

(1) 所有的緊急海水泵有鋼筋混凝土建築保護。
(2) 緊急柴油發電機及廠房在地面層，免受海水淹浸（美國核電廠原始設計將緊急柴油發電機置於地面層以下的目的，在於防範龍捲風損壞設備）。
(3) 設有兩機組共用 1 部的氣冷式緊急柴油發電機（以降低喪失外電的整廠風險）。
(4) 設有兩機組共用兩部的氣冷式氣渦輪發電機（在核電廠設計時即增設，以備全黑起動之用）。
(5) 設有位於高處的生水池（原本設置目的在供應乾旱期，系統所需補充的淡水）。

我國核電廠原本就比日本福島電廠多了提供緊急電源和水源的設施，而且在日本發生核災後，我們馬上裝設更多的防災救災設施來強化安全和應變系統，把電廠全黑（喪失電源）的狀況降至最低，而且要求電廠制定「斷然處置措施」，以維護民眾安全和環境為最優先。如果發生類似福島的事故，我們的核能電廠會比福島電廠更安全。

福島事故綜合新聞

文．編輯室



▲ 圖 1. 日本首相野田佳彥（右三）4 月 6 日與部會首長進行會談



▲ 圖 2. 大飯 3、4 號機冬季一景

日本於 5 月初進入零核電狀態

福島事故發生後一年多來，日本全國 54 部反應爐陸續停機。2012 年 5 月初，隨著北海道泊核電廠 3 號機關閉檢修後，日本正式進入零核電狀態。日本各家電力公司於反應爐停機後，轉求化石燃料供電，造成成本暴增。隨著用電尖峰夏季的到來，日本供電系統面臨嚴峻的挑戰。

雖然日本民眾對核能安全信心依舊低落，但內閣已經公開討論反應爐重啟事宜。日本首相野田佳彥與經產部大臣於 2012 年 4 月 6 日進行第 3 次會談，並於數日後通過關西電力公司的大飯電廠反應爐重啟案。但真正重啟的關鍵，還是在核電廠所在地的地方政府。

對眾家核電廠均停機的電力公司而言，關西電力公司是唯一獲得中央通過，可重啟旗下大飯核電廠兩部反應爐的公司。大飯 3、4 號機，已經通過福島事故後的壓力測試第一階段，並於 2011 年底呈報安全分析，原子力安全保安院也於 2012 年 2 月完成審核、隨後由原子力安全委員會確認。現在已經過內閣官員通過，完成壓力測試流程第一階段。

關西電力公司供電的區域，是日本工業和人口高度集中區之一。京都、大阪及神戶都會區囊括 1,800 萬人口，此區也是世界級製造業中心，知名企業如本田、松下 Panasonic、三菱、夏普、富士通、東芝和 NEC 等公司均落腳在此。京阪神都會區電力原本半數由核電

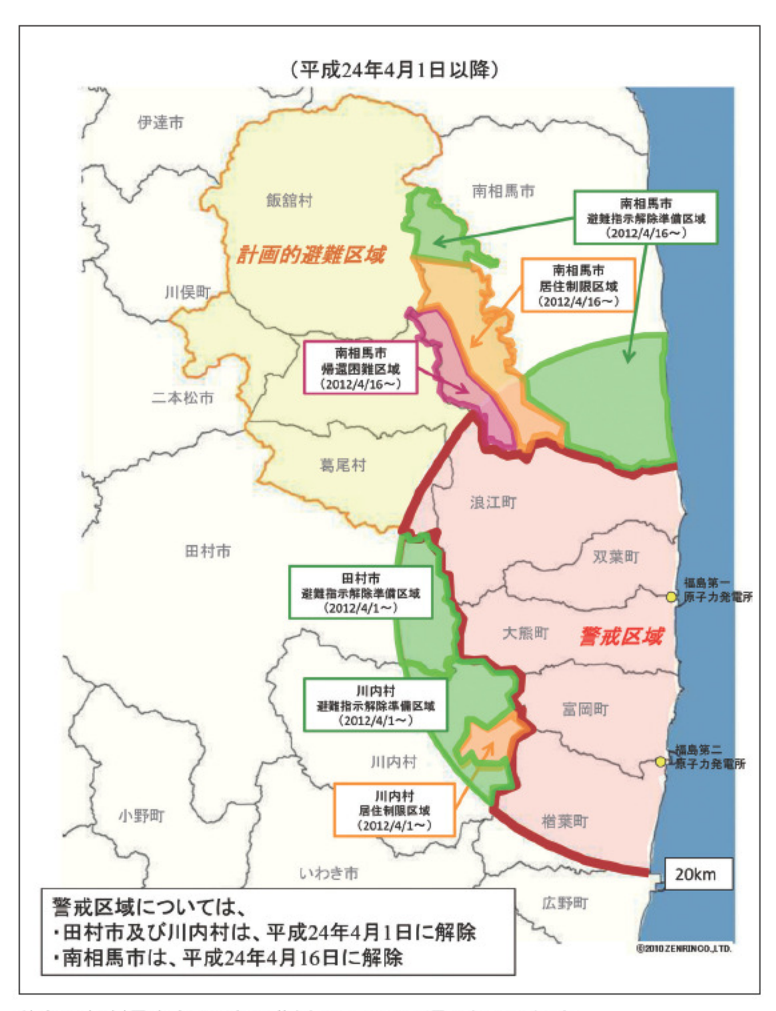
廠提供，但關西電力公司的大飯、美浜和高浜核電廠 11 部反應爐皆已停機。

包括鄰近地區市長及政府官員，是關西電力公司主要批評者和中央重啟核電廠的阻力。部分人士要求，重啟前必須完成第二階段壓力測試；其他則是質疑關西地區是否真的會在數月內，出現兩成的電力短缺。另一方面，各界對於中央政府新的緊急應變計畫興趣濃厚。緊急應變計畫也會處理福島事故發生時，中央政府與相關機關、東京電力公司間溝通失調的問題。

同時間，日本核能管制體系，也不斷遭受批評。主管機關原子力安全保安院原本置於經產省之下，將轉型為獨立的核子管制局，與環境部做連結。核子管制局將會有 500 名獨立行政人員，年預算約為 6 億美金。除此之外，環境部也將下設核子安全調查委員會，負責監督核子管制局和調查核子事故。

部分福島疏散區解禁 居民提早歸鄉

由於輻射劑量率已經降到政府設定的每年 20 毫西弗以下，日本政府於 4 月陸續修正幾個福島核一廠 20 公里疏散區禁令。截至 2012 年 4 月 16 日為止，已有 3 個鄉鎮－川內村、田村市和南相馬市疏散的居民，不用穿著防護裝備即可返回工作崗位及家中。意思就是說，居民可以著手修繕遭地



綠色：年劑量率在 20 毫西弗以下，居民可返回但不可過夜
橘色：「限制區」，年劑量率 20-50 毫西弗
粉紅色：「返回困難區」；年劑量率超過 50 毫西弗
解除警戒區域：2012 年 4 月 1 日解除田村市、川內村警戒；2012 年 4 月 16 日解除南相馬市警戒。

震侵襲的房舍，並恢復部分農業活動。唯一的限制是，居民不可停留過夜。同時間，主管機關也將重建基礎建設，以利正常生活運作。

日本政府將區域劃分為三種：第一區：每年劑量率在 20 毫西弗以下區域，居民可自由行動，但不可停留過夜。第二區：劑量率在每年 20-50 毫西弗之間，標記為「限制區」，僅能進入處理簡單事務，但不需特別監測或是穿著防護裝備。

政府建議進入限制區的民眾，不要從事戶外活動、儘量使用汽車代步避免曝露，進入屋內先清洗。居民不可飲用河水，但可飲用自來水。

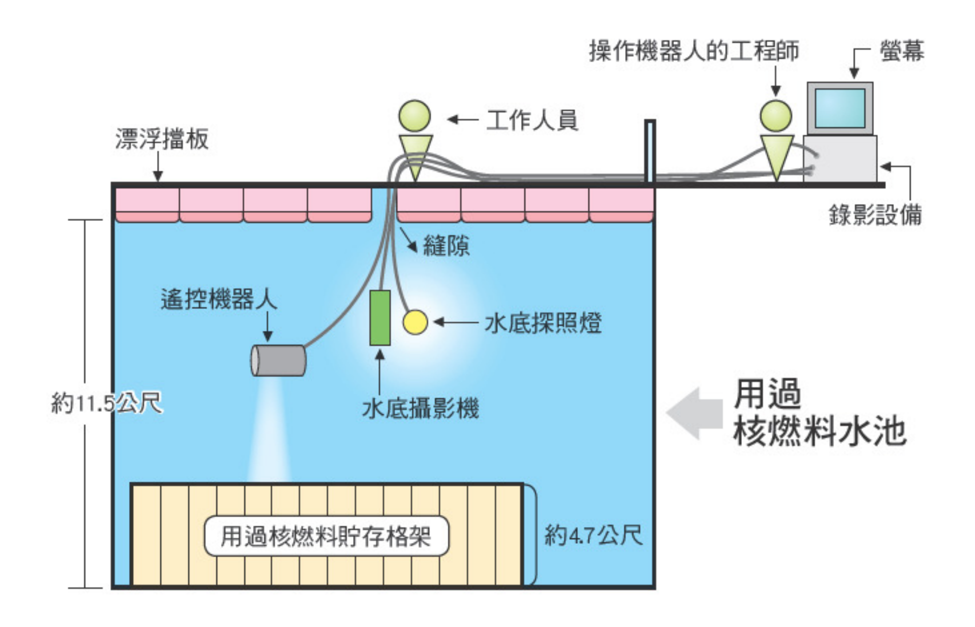
第三區因為每年劑量率超過 50 毫西弗，被列為「返回困難區」。各界預估，在福島事故 5 年後、2016 年 3 月前，劑量率還無法降到每年 20 毫西弗以下。若居民為公眾利益目的可進入，但應穿著防護設備。日本經產省表示，地方政府一再要求中央讓居民提早返回家園，使重建地方建設、重返正常生活得以開始。

日本中央政府的除污目標，是讓全部事故區域居民每年不超過 20 毫西弗。兒童經常出入場所，則要達到每年 1 毫西弗以下。

福島核一廠核燃料移出 水底機器人先遣探查

日本計畫於 3 月底派出水底機器人，探查福島核一廠 4 號機用過燃料池狀況，作為移除用過核燃料計畫的第一步。和大多數除役計畫一樣，移出用過核燃料都是優先事項。此一看似單純的動作，卻是對廠址整體安全產生最大的影響的步驟。任何一座核電廠內的用過核燃料，都是放射性最高的地方，福島核一廠也不例外。

4 號機在 311 強震時處於停機狀態，為了檢修，反應爐容器被開啟清空，燃料組件



和控制棒則暫放在旁邊的貯存池中。貯存池中有 1,331 個燃料組件，但池中近半數是較近期放入的用過核燃料，使 4 號機貯存池的熱負荷更高，比其他 3 部機組更讓人憂心。因此東京電力公司現在將 4 號機貯存池，列為除役優先處理要務之一。

東京電力公司訂於 3 月 19-21 日派出奇異──日立公司生產，配有攝影機的小型機器人，深入 11.5 公尺深的用過燃料池內調查情況。雖然掉在燃料貯存格架上的瓦礫是另一個問題，但各界推估用過核燃料應該完好。東京電力公司已著手進行清除 4 號機頂部的混凝土塊和鋼筋殘骸，並在燃料池水面鋪設漂浮擋板，防止灰塵、瓦礫掉入；但另一方面，擋板卻也阻擋了視線，水底攝影機能見度約 5 公尺。

為了把用過核燃料移出、暫貯到廠內共用水池內，東電希望能把池內的控制棒移出。東電的構想，是把控制棒放回開啟、無損的反應爐容器內，但是這還要視反應爐容器內殘垣碎屑的數量而定。次要優先項目是要移出 2 號機的燃料。雖然經歷氫爆摧殘後，2 號機放射性污染嚴重，但反應爐建物目前大致完好。廠址其餘部分，東電已嘗試覆蓋電廠入水處、被反應爐機座漏出的高放射性水污染的海床。除類似區域外，由於洋流有效稀釋，監測數據顯示，海水並未偵測到放射性同位素。

2011 年全球核能發電量受福島事件影響

國際原子能總署資料顯示，全球 2011 年核能發電 2.518 兆度，相較於 2010 年 2.63 兆度，略降 4.3%。發電量略減的主因是因為福島事故後，日本反應爐一一停機和德國關閉機組。

日本國內共有 54 部反應爐，受 311 地震海嘯衝擊，嚴重受損的福島核一廠 1-4 號機，將與未損的 5、6 號機一起除役。其他反應爐隨後陸續停機，僅剩的 1 部運轉中的反應爐也已在 2012 年 5 月初停機。因此日本 2011 年核能發電大受影響，下降 44.3%，剩下 0.153 兆度。

在德國方面，德國政府於事故之初，馬上下令暫停老舊反應爐營運 3 個月，並且下令關閉在 1980 年或之前開始營運的 7 部反應爐（另有 1 部長期關閉的反應爐）。因此德國 2011 年核能發電減少 23.1%，為 0.102 兆度。

除了日本和德國的機組外，2011 年僅另有 1 部機組關閉──英國的歐柏里 2 號機商轉 43 年後功成身退。

同時間，2011 年有 6 部新反應爐連結電網，中國大陸 2 部（嶺澳 2 期 2 號機和秦山 2 期 4 號機），印度蓋加 4 號機，伊朗和俄羅斯各一部。新上線機組貢獻 401 萬瓩電。除此之外，中國大陸有一部實驗快中子反應爐於 2011 年中連結電網，貢獻 2 萬瓩電。捷克、芬蘭、墨西哥、西班牙和美國的核電廠容量提升，在 2011 年也貢獻了新增的 44 萬瓩電。

2011 年僅有兩部反應爐開始動工：巴基斯坦的查司瑪 3 號和印度的拉賈斯坦 7 號。中國大陸原訂有 3 部反應爐動工，但在福島事故影響下，暫緩發給興建核可。

資料來源：WNN News 2012/05/04, 2012/04/16, 2012/04/13, 2012/04/10, 2012/04/02, 2012/03/19, WNA Weekly Digest 12 April 2012

核子事故緊急應變的行動逃生系統

文 · 蔡閔光[註 1]、姚乃嘉 (中央大學災害防治中心)

日本 311 大地震滿一周年，有關福島電廠事故的調查報告也陸續出爐[註 2]。儘管這些報告歸咎此事故是日本政府執行緊急應變措施過慢所致，但也再次凸顯出核子事故所造成的影響是不容小覷。台灣擁有 4 座核電廠且地小人稠，為防範核子事故所帶來的衝擊，我國政府不僅制定了核子事故緊急應變法，更建構了核子事故緊急應變資訊系統和相關演訓平台。但相較於其他災害事故（例如土石流、地震和颱風），能引導民眾於核子事故下緊急逃生避難的資訊系統仍嫌不足。因此，藉由整合逃生路徑規劃和擴增實境技術，本研究開發了一套行動逃生系統。此系統將能協助民眾在核子事故發生時，更迅速地查詢避難場所並前往該場所。

對於核子事故的發生前、發生時和發生後，大致可歸納出 4 個階段的應變對策，包含危機預防、傷害減輕、現場檢視、現場評估或回復。為了實現這 4 個階段的期許目的，許多學者認為，除了擬定標準作業流程、平時演習活動、加強教育宣導外，建構一個可供民眾使用的資訊系統也是解決辦法之一[註3]。例如，有鑑於福島事故，日本政府建置一個可即時監控輻射含量的線上系統，一旦偵測結果異常，日本政府便會透過手機簡訊的發布以警告民眾迅速避難[註 4]。此外，基於地理資訊和擴增實境等功能，前研究[註 5]在智慧型手機上建構了一套核子事故緊急應變防護系統。透過此系統，民眾可立即得知避難場所和其詳細屬性資料。基於此成果，本研究主要針對民眾所在位置和避難場所之間的地理關係，進行即時的逃生路徑規劃，以使民眾能更有效率地前往避難場所。



▲ 圖 1. 核子事故緊急應變防護系統

擴增實境技術的應用和問題

各領域應用擴增實境技術的案例已越來越廣泛。這項技術的主要運作原理是由影像擷取設備（如攝影鏡頭）將現實環境載入顯示設備（如螢幕）中，再經由特定技術（如影像投影）將要顯示的虛擬影像套疊到指定的位置上。以核子事故緊急應變防護系統為例[註 5]，圖 1 顯示當核子事故發生時，民眾執行此系統後，所在環境的影像會自動載入到手機螢幕上。爾後，此系統透過全球衛星定

位技術和資料比對的方法，獲得核子事故地點的周遭集結點及相關訊息。最後，民眾得以離開核子事故現場。

儘管核子事故緊急應變防護系統能將逃生訊息與真實環境互相吻合，以減緩民眾於緊急事故發生時的心理壓力，而達到較高的逃生機率。但是，核子事故緊急應變防護系統僅提供了避難場所的方向顯示，而沒有逃生路徑的規劃。因此，民眾於逃生過程中仍須自行尋找或是透過第三方輔助工具取得前往避難場所的路徑。顯然地，民眾仍須耗費寶貴的逃生時間於資料檢索和路徑探索上。

整合逃生路徑規劃和擴增實境技術

為改善上述的問題，本研究建構一個可規劃逃生路徑的行動資訊系統。圖 2 顯示本研究採用了數個資訊模組，包含：1. 使用者介面－顯示逃生路徑的規畫結果；2. 網際網路伺服器－可供智慧型手機存取相關資料庫；3. 圖資資料庫－存放避難場所的地理資訊；4. 詮釋資料庫－存放避難場所的屬性資料；5. 路徑資料庫－存放計算不同位置到避難場所的路徑演算法。此外，本系統除採用 Google Map 為地圖展示平台外，其餘資訊模組間的資訊傳遞規範均依據公開地理資訊協會 (Open Geospatial Consortium, OGC) 的國際標準進行開發。

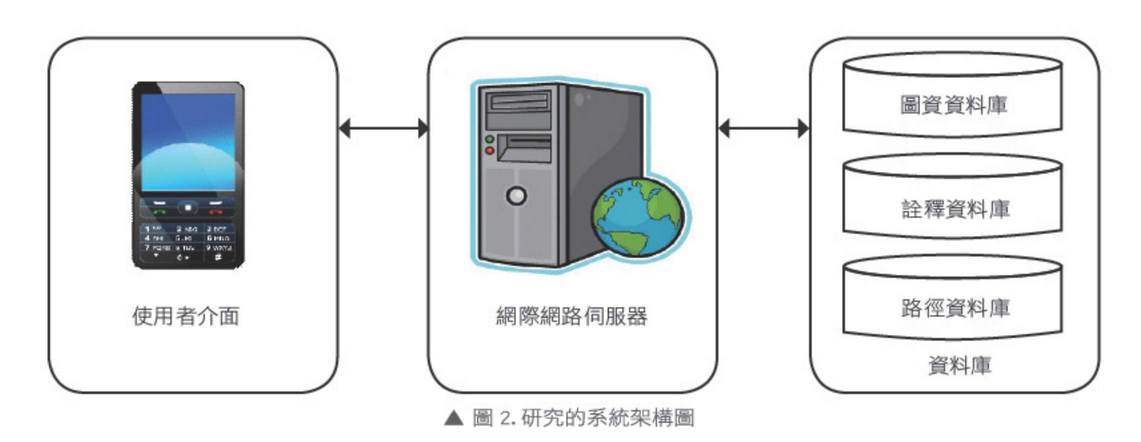
系統測試

本研究於模擬的核電廠事故情境下進行系統測試。基於下列功能，民眾可自主逃生避難：

- ■逃生路徑規劃：本系統會透過智慧型手機所內建的 GPS 功能擷取民眾的真實所在位置，並依據與避難場所的距離遠近，自動排序這些避難場所，如圖 3。當選定避難場所後，本系統會自動規劃逃生避難路線。
- ■套用擴增實境：當逃生路徑規畫完畢，本系統透過擴增實境技術將此路徑套疊於所擷取的周遭影像上，如圖 4。民眾可以清楚地了解前往避難場所的方向與路線。
- ■即時逃生訊息：本系統自動套疊逃生路徑於電子地圖上。藉此電子地圖，民眾可確認行進路線、讀取電子羅盤、所在位置的經緯度、行走速度、離避難場所的距離、到達避難場所的所需時間等訊息，如圖 5。

結論

基於逃生路徑規劃和擴增實境技術的整合，本研究對於核子事故緊急應變的主要



▲ 圖 2. 研究的系統架構圖

貢獻為：

■提供更便利的核子事故緊急逃生引導：由於核子事故現場的各類突發狀況是難以預料，因此民眾無法僅倚賴救難人員進行逃生避難引導。故本研究提出一個可供民眾自主避難的輔助工具。一旦核子事故導致輻射外洩時，因為民眾迅速地避難而可減少曝露於輻射影響的時間。

■有助於核子事故現場的處理：核子事故發生時，民眾如能透過本系統盡速前往避難場所，而使核子事故現場保持清空，救難人員將能致力於執行緊急應變對策（例如：核子輻射的偵測），並加速災區的善後工作（例如：醫療資源的分配）。

建議

對於未來相關研究，提出下列建議：

■最佳化的逃生路徑規劃：在系統實測過程中，本研究發現逃生路徑規劃的好壞將會影響民眾逃生避難的效率。換言之，核子事故下，民眾於前往避難場所的途中，仍可能花費過多不必要的旅行時間。因此，如何納入最佳化的逃生路徑規劃將是未來研究的方向之一。

■輔助的逃生避難備案：由於民眾透過智慧型手機執行本系統時，必須長時間地進行全球定位、擷取周遭影像和連結通信網路。這個過程可能導致智慧型手機的電力迅速消耗，同時，通信基地台可能因過多的連線而出現資料傳輸緩慢甚至中斷的情形。因此，為避免上述問題影響民眾逃生避難，提出輔助的解決方案是有必要的。

（誌謝：感謝國立中央大學災害防治中心所有同仁於本研究進行期間的支援與協助）

註 1：為國立中央大學災害防治中心博士後研究員

註 2：International Atomic Energy Agency, Report of Japanese Government to IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety - Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations, http://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/japan-report/

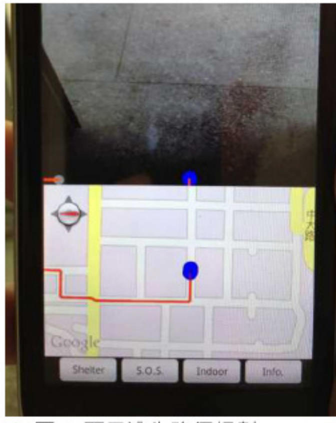
註 3：Tsai, M. - K., Lee, Y.-C., Lu, C.-H., Chen, M.-H, Chou, T.-Y., Yau, N.-J., Integrating geographical information and augmented reality techniques for mobile escape guidelines on nuclear accident sites, Journal of Environmental Radioactivity, 2012, 109, 36-44.

註 4：Institute for Information Design Japan, Japan Radiation Map, http://jciv.iidj.net/map/

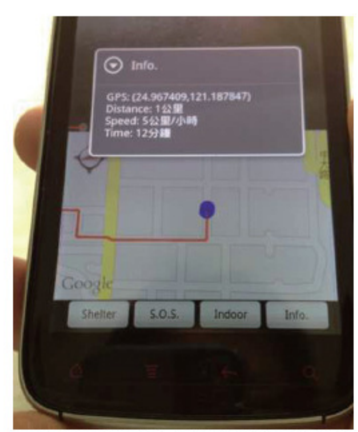
註 5：蔡閔光、盧仲信、方新發、李永慶、陳美心、周天穎，核子事故緊急應變新利器－擴增實境，核能簡訊，2011，第 132 期，15-19。



▲ 圖 3. 自動排序周遭的避難場所



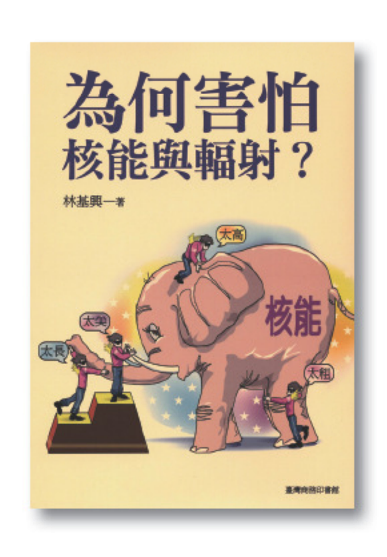
▲ 圖 4. 顯示逃生路徑規劃



▲ 圖 5. 即時顯示逃生過程中的資訊

文・林基興

為何害怕核能與輻射？



今年 5 月 15 日筆者在「科學月刊社」舉辦「為何害怕核能與輻射？」（請見本刊封底）新書發表會，邀請媒體來瞭解。有位科技線的資深記者和筆者甚熟，勸告筆者，在此民眾反對核能情勢下，怎敢發出「相反意見」？

他首先提問：「台電有無提供資金或其他資助此書的出版？」筆者回答說沒有。這是很有意思的問題，探問筆者是否「被台電收買」。引人深思的是，科學知識公開分享，若刻意扭曲或欺騙，經得起考驗嗎？

會前他問兩問題「民眾覺得輻射危險，無法感覺其到臨」、「即使核電廠事故機率很小，但若發生在民眾身上即為百分之百」。本書中亦說明，即使人生的風險「靜悄悄地降臨身上的很多」，各式化學品和病菌、火災或車禍等即為例子，而其風險均遠大於核能。其次，核電之外的各式發電往往傷害更深，尤其占大宗的石化燃料每年導致甚多人死亡（礦災）、全球暖化（迫在眉睫）、酸雨等，為何民眾卻覺得「有若無」？

筆者在書中提及，不瞭解核能科技，將導致不必要的「恐核」或「恐輻」。針對「輻射是否導致畸形魚？」、「核電廠幫助製造原子彈嗎？」、「核電廠附近居民致癌率高？」等一般民眾關心的議題，逐一深入說明，期能化解疑慮。

日本福島事故讓反核聲浪加大，我國總統在 2011 年底決定核電廠不延役，這是「眾口鑠金」的結果？相對地，法國已有八成電力為核電，大部分國民仍支持核電，這可是「眾志成城」？為何國民意向差這麼大？我國需要眾口鑠金或眾志成城？此事攸關國家的前途、社會的福祉、民眾的健康。國人要如何抉擇呢？

核能對世界能源的貢獻和角色

譯・朱鐵吉

日本最後 1 座運轉中的核能機組──北海道泊電廠 3 號機，於 5 月 5 日下午 4 時開始停機進行大修，晚間 10 時完全停止發電，日本 54 座核能機組全部停止運轉，42 年來首次成為「無核電國家」。

據「東京新聞」報導，日本政府雖然表示，將來要朝向無核的方向進行，但是眼看火力發電燃料費用成本高漲，以及關西電力管轄區內對核能發電的依賴度太高，停止核能運轉恐將面臨電力不足問題，目前仍傾向依序重啟核電。據了解，日本政府雖然希望重啟關西電力大飯核電廠 3、4 號機組，但是地方上無法消除安全性的疑慮，反對聲浪不斷，眼看著用電吃緊的夏天即將來臨，去年夏天還有核能發電支撐協助供電，今年夏天則必須以無核電的狀態應付用電高峰期，這將是日本全國即將面臨的最嚴酷考驗。

電力和核能發電在世界能源所占的位置

2011 年 1 月為止，世界上共有 436 個核能機組在運轉供電中，發電量達到 3 億 9,220 萬瓩。核能發電起始於 1954 年 6 月蘇俄歐布寧斯克廠核電的運轉，之後，1956 年英國凱德府 1 號機反應爐的應用，至目前為止已有 60 年的歷史。

世界能源的使用以何者為優？

世界上每年使用的總能源合石油用量（全部換算為石油量）約 150 億噸，其中 60%的能源消費在美國、中國、蘇俄、日本、韓國、印度、加拿大及歐洲各國，這是目前世界 70 億人口的能源消費情形。每人平均能源消費量若換算成石油是每年 1.8 噸；以地區別的人均消費量：北美為 8 噸，蘇俄與韓國為 5 噸，歐洲及日本為 4 噸、中國為 1.6 噸。隨著人口的增加和文明的進步，今後全世界的能源消費將急速增加。除了中國及印度，先進國家每年能源消費世界能源總量的 40%。因此，這些先進國家能減少能源消費的話，能源消費總量就可避免急遽地增加。

先進國家的能源消費中有 24%是來自核能發電，目前核能發電的貢獻度在世界能源總消費量不到 10%，85%以上的能源是來自化石燃料，5%則是水力及其他。世界的能源中，電力的利用約占能源總量的 40%，由於電力的供給容易，今後依賴電力的能源將日益增加。目前總發電量每年約為 20 兆度，其中 17%是依靠核能發電。世界能源的消費中核能占著重要的角色，是確保能源之鑰。

日本的能源與核能發電

日本每年的能源消費量換算為石油約需 5 億噸，占世界能源約 4%，其中的一半是為電力。日本的總發電量，2010 年約 1.2 兆度，其中約有 23%是來自核電，占一次能源的 10%。核電設備容量為 0.4 兆度，實際發電量為 0.28 兆度，設備的利用率是 70%。

2011 年 3 月 11 日福島事故以來，情況轉惡，核電廠實施定期檢修且依序停機，定期檢修完成後，因民意的影響不能啟動運轉。2012 年 5 月日本所有的核電廠停止運轉，2010 年日本輸入的化石燃料依當年幣值計算金額達 15 兆日幣，倘若停止核能發電，每年必須再增加進口化石燃料約 5 兆日幣（約台幣 2 兆元）。

能源與環境問題

關於地球暖化的問題，排放的氣體是否為其肇因各方意見甚多。但是不可否認的是自從工業革命以來，二氧化碳是造成地球暖化的氣體之一，其排出量與日遽增，近年來氣候異常與其增加具有相同傾向。

全世界每年能源消費總量換算為石油約需 150 億噸，2008 年排出的二氧化碳總量達 300 億噸，這是在出現暖化問題以前，嚴重汙染大氣的氣體。大氣汙染亦來自大量汽車的排氣、火力電廠以及具有較多舊式火力電廠的中國以及印度，和北美及歐洲各國的火力電廠，排放很多的氧化硫及氧化氮，其總量為日本排出量的 5 倍。世界衛生署（WHO）調查指出，每年有 100 萬人死亡的原因是源自大氣污染，日本約有 3-5 萬人。死亡原因來自大氣污染的機率約 1.3%，其中包括抽煙占 17%。相較於交通事故的死因 2.1%，大氣污染是必須嚴格注意的事項。

另外，就以福島事故來說，目前為止沒有出現死亡者。依原子彈爆炸受曝者的數據評估得出，接受 100 毫西弗（mSv）輻射劑量，可能的致癌機率為 0.5%，受曝露為 20 毫西弗者可能的致癌機率為 0.1%。實際上接受低輻射劑量的曝露之後，人類身體細胞具有修復、再繁殖、重新分布以再生氧作用等等修復的功能，因此危險度並不比估計的高。

最近，每逢春天從中國大陸吹來日本的黃砂更增加大氣的汙染。中國能源的消費媲美於美國，大部分的發電量以燃煤為主，每年燃煤發電量達 2.8 兆度。火力發電導致大氣污染每年都有很多人犧牲，部分是肇因於採煤礦工的遇難。燃煤電廠對周圍的國家也會造成大氣污染，產生重大的環境問題。

核能發電的課題與效能

能源的利用產生很多問題。火力發電的蒸汽鍋爐爆炸，曾經造成很多人的犧牲。日本因化石燃料產生的大氣污染，對電廠周圍的居民造成甚大的健康危害。最近技術上的改進，日本已大量的減少對大氣污染，但是，中國大量大氣污染也會影響到日本。以前德國曾經大量污染大氣，導致北歐洲諸國降下酸雨的情形。環境慢慢被破壞，等到發現事態嚴重時想要恢復則無比艱難。以過去的歷史來說，復活島曾經大量砍伐森林導致人口急遽減少的悲劇。自然的環境樂園被破壞而無法復舊，是很悲哀的事情，大氣污染是全球環境的問題。

另一方面，福島事故未發生人員的重大

犧牲，但因居住環境的惡化而設定禁止進入地區，限定漁業的捕魚區域，這些都是為了確保安全的措施。核能發電的效能，再怎麼說也是綠色能源之一，確保安全的穩定運轉，則可以持續的獲得大量的電力。能源消費的增加，也使得人民生活水準提高且壽命增加；能夠確保能源，國家生產總值（GDP）就會增加，這些和延長人民的壽命有很重要的關連性。

全世界的能源消費一半用在電力能源，電力能源的一半來自核能時，如果燃煤電廠全面改為核能發電的話，世界上二氧化碳氣體的排放量將削減 25%，這對人類的生存環境則是良好的收穫。

結語

以上所討論的數字，論及世界和日本能源消費的事實，可見世界的能源已面臨嚴峻的問題。目前日本正遭遇到如何確保能源來源的重大選擇時機，以全球的視野、各種能源的有效利用和確保環境安全是必須慎重深思的重大課題。

來 源：Energy Review, No. 376, p.54-55, May, 2012 (Japanese)





英國 2011 年 核能減碳有功

文．編輯室

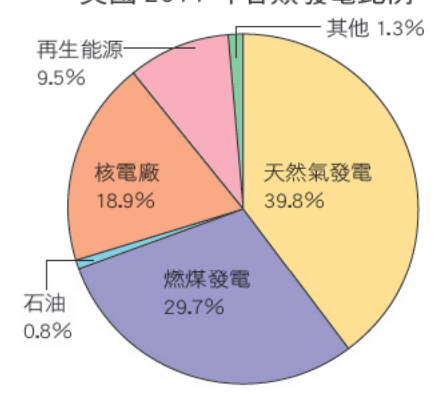
英國政府提供的數據顯示，由於 2011 年英國核電廠多了 11%的產出，使得該國一整年碳排放下降 8%。英國 2011 年碳排放量共 4.56 億噸；2010 年的數值為 4.96 億噸。碳排放減少主要因為家庭用天然氣減少、用電量縮減、天然氣減用和核能發電擴增。

包括發電廠和能源供應區塊的碳排放，占英國 2011 年二氧化碳排放量的 4 成，運輸區塊占 26%，商業和民生區塊則占 15%。能源供應區塊的碳排放量，在 2011 年大約有 1.84 億噸，與 2010 年相比略降 6%。

能源氣候變遷部指出，「自 2010 年開始，能源供應區塊碳排放能下降，幾乎可以全部算是發電廠的功勞」。與 2010 年相比，2011 年用電需求減少 3%，發電廠燃料配比也有所改變。天然氣發電減少 17%、核能發電增加 11%，使得發電碳排放下降約 7%。



英國 2011 年各類發電比例



同時間，2011 年由化石燃料發電的每單位電力，每百萬度排放 582 噸二氧化碳。燃煤每百萬度 887 噸；天然氣每百萬度 363 噸。

英國 2011 年總發電量為 0.365 兆度，比 2010 年微幅下降 4.2%。天然氣發電 0.145 兆度，占總發電量 4 成；燃煤發電 0.108 兆度，占 29.7 %。英國核電廠則於 2011 年貢獻 0.069 兆度，比 2010 年多 11.1%，占英國發電量 18.9%。同時間，再生能源貢獻 0.035 兆度，比 2010 年多 35%，占英國發電量 9.5%。

——UK Energy Statistics, Press Release, Department of Energy and Climate Change, UK, 2012/03/29

WNN News 2012/03/30



瑞士廢核代價 330 億美金

文・編輯室

瑞士有 5 部核反應爐、發電比例占全國 4 成，但福島事故後，瑞士政府決定不更新屆齡的反應爐，因此 2034 年前，瑞士將廢核。根據瑞士環境交通能源及運輸部指出，瑞士不再擴增核電的決策，至 2050 年為止，將讓該國付出 330 億美金的代價。

瑞士環能部表示，瑞士廢核「可行，經濟衝擊也有限。」所需的成本、經濟衝擊和財源也經過檢視。新出爐的「能源策略 2050 年」報告將會納入法案，並在今年稍晚徵求公開諮詢。瑞士政府確信，新能源政策將會「為瑞士的經濟和研發轉折點創造新機會。」

瑞士政府擬定的能源配套方案，設想情境分為三階段：現在到 2020 年、2020 年至 2035 年和到 2050 年，配套措施將從 2015 年啟動。根據環能部表示，此方案在 2020 年前，對整體能源消耗和電力並沒有影響。然而從現在到 2050 年間，整體能源消耗必須減少 0.07 兆度；電力消耗減少 0.021 兆度。為了彌補廢核後的核電容量損失，將由再生能源補足。另外，為了確保瑞士，特別是冬季的電力供應安全，政府必須興建供熱及發電兩用的設施和燃氣複合循環發電廠。瑞士政府指出，藉由提高二氧化碳稅和相關措施，原本設定的碳排放目標，仍可在 2020 年前達成。

環能部表示，政府會持續監控配套方案帶來的影響，尤其在國際和科技的競爭力方面。配套方案將會使用現有的稅制系統，包括對能源製造者課徵的二氧化碳稅。但環能部指出，隨著氣候政策的改變，政府將在 2020 年後實施新稅制。從現有的稅制方案到實施新稅制的過渡時期，環能部將會確保轉換平順，並訂下合理的時程。



環能部的分析表示，以「能源策略 2050 年」報告看來，未來瑞士將會吸引大量提昇能源效率的投資資金湧入，並節省可觀的進口能源量，但在再生能源的投資將會明顯擴大。因此瑞士逐步廢核的決策，到 2050 年前，約會花費 330 億美金。

以瑞士反應爐 50 年壽命來說，首先會退役的是 2019 年貝茲瑙 1 號機，2 號機則在 2021 年跟進。兩者關閉所減少的電力為 73 萬瓩，將在 2022 年關閉的慕赫柏則為 37.2 萬瓩。較大型的機組哥斯根（98.5 萬瓩）和萊布斯塔特（116.5 萬瓩）將分別於 2029 年及 2034 年關閉。

WNN News 2012/04/19



西班牙反應爐除役延期有望

文・編輯室

西班牙於 1970 年代發展核電，部分原因是為了減少化石燃料進口。近來由於聚焦於碳排放議題，西國 8 部反應爐的減碳角色日益重要。先前西國政府反核，但由於政治情勢轉變，西班牙核工業將以成本競爭力和安全性，訴求反應爐延壽更長。

然而，西班牙反應爐在執照更新（延壽）之前，需要內閣決策通過。此種制度讓政府甚至可以忽略獨立主管機關的建議，自行下令關閉反應爐。以佳若納核電廠為例，受西班牙 2009 年政治動盪衝擊，雖管制機關同意延壽到 2019 年之後，但電廠受限於需做設備提昇和更嚴密的檢核，中央政府不願意延壽到 40 年，決定在 2013 年關閉。



▲凡得優 2 號機命運未卜：2020 年關閉或是延壽到 2047 年？

但隨著政黨輪替，西班牙新政府於 2011 年底就位，情勢有所轉變。新政府表示，他們將僅以核能安全考量核能政策。西國政府現正在審核佳若納核電廠執照更新事宜，看來原要在 2019 年關閉的決策，獲得扭轉的可能性相當高。

西班牙核子論壇於 3 月底公布的報告表示，產官學界對於核反應爐 40 年的壽命概念根深柢固難以撼動，非常可惜。以延壽 20 年為例，美國已經核可 70 次。延壽對西班牙最大的幫助，是現有核電廠可以增加 1.1 兆單位的低碳電力。同等電力若改採化石燃料發電，約需要 221-287 億美金；從再生能源發電則需花 1,283 億美金。

和現行的 2020 年代關閉時程相比，延長營運年限，也等於將替代反應爐群的成本，延後到 2040 年左右攤提。該報告指出，核能發電經濟驅動力大、易取得和具有成本競爭力的價格，貢獻卓著。另一方面，延壽也可保障 2,300 名電廠員工的工作權。

WNN News 2012/03/21

車諾比爾反應爐 新防護罩動工

文・編輯室

2012 年 4 月 26 日，在車諾比爾事故發生 26 週年後，工程人員開始組裝用來包覆毀損的車諾比爾反應爐的鋼製拱頂，預計 2015 年完工就位。

車諾比爾防護罩約需 2 萬噸的鋼材，材料來自義大利，首批由鐵路運輸，第二批的 1,030 噸鋼材將由海路及陸路運輸。這些鋼材會在混凝土軌道上組裝，罩在 1986 年因能量外洩，蒸汽、氫氣爆炸摧毀的車諾比爾 4 號反應爐外部。一旦反應爐密封後，工程師將可遠端拆除事故後倉促搭建、用以遮蔽反應爐殘骸的石棺。草草搭建的石棺，日漸成為廠址另一項風險，未來極有可能塌陷，導致更多放射性物質釋出。新的防護罩可在石棺拆除的同時，防止產生塌陷危機。


▲車諾比爾 4 號反應爐建物內部，具高放射性、嚴重損壞的燃料組件


▲用以興建防護罩的鋼材

車諾比爾事故簡介

- 1986 年發生的車諾比爾核電廠事故，是因為前蘇聯的反應爐設計有缺陷，加上操作人員因為運轉系統訓練極為不足，以致出現一連串致命的錯誤所造成的。
- 事故造成蒸汽爆炸與火災，反應爐爐心至少有 5% 的放射性物質順著風向，外釋進大氣層中。
- 事故當晚，車諾比爾廠內 2 名員工死亡。28 人在事故發生後 4 個月內，因輻射曝露或被熱氣灼傷而死亡。之後陸續有 15 個人死亡，其中有 9 人很明顯是因事故所造成的甲狀腺癌過世。總計至 2004 年為止，共有 56 人死亡。
- 西元 2000 年聯合國公布一份具權威性的報告指出，沒有科學證據顯示大多數人因輻射照射而產生健康方面的影響。這個論點也在 2005-2006 年間的研究中獲得充分的證實。

新防護罩的其他作用，是要減少建築物放射性物質排放，同時阻隔滲水問題，以避免持續有分裂反應的核燃料擴散；並且方便移除含有核燃料的物質，和進行後續壓縮、處置。處理危險物質將會以最少的人員、儘可能遠端操作。這項任務象徵解除車諾比爾廠址危機最重要的一步，和真正開始除役。

來源：
1. WNN News 2012/04/26, 2012/03/20
2. 核能簡訊 107 期 2007/08/15
3. http://www.world-nuclear.org/info/chernobyl/inf07.html

向前走向後走 荷蘭核能前途未卜

文・編輯室

荷蘭戴爾塔電力公司宣布，將暫緩柏賽爾核電廠增建機組計畫。另一方面，荷蘭政府核可了佩登研究用反應爐的替換計畫。荷蘭核子計畫一冷一熱兩樣情。

戴爾塔電力公司表示，由於「財務危機、核電廠投資金額龐大、電力市場供過於求導致電價低迷」的複雜因素，該公司必須暫緩增建核電廠案。他進一步指出，緩建決定也受歐洲碳交易和碳配額制度影響。「這些不確定因素，對這種規模的計畫來說，太難以承受。」

然而，該公司不把話說死，表示一旦情況改善，計畫便可起死回生。同時間，戴爾塔公司也會繼續開發新電力容量，並且深信核能是鞏固電力供應「重要的一環」。

荷蘭現有的柏賽爾電廠，是由戴爾塔和愛森公司合資成立的公司共有。兩家公司前後均曾提出柏賽爾擴建案，由戴爾塔公司提出的增建計畫在 2008 年 9 月首度曝光，但直到 2009 年中才正式進行政府核可流程。在 2011 年 5 月，愛森公司輾轉被德國 RWE 全數買下，因此德國方面表示，願意支援戴爾塔擴建計畫案 2 成資金。各界也預期戴爾塔電力公司會在 2011 年底前送出申請核可案，但可惜後繼無力。

在原先的規劃下，戴爾塔電力公司會在 2013 年興建 1 部 100-160 萬瓩的反應爐、2018 年商轉。戴爾塔公司強調，新柏賽爾核電廠計畫由於暫緩，就算重新進行，最快也要等到 2020 年才能營運。

佩登研究用反應器替代案通過

同時間，荷蘭經濟農業創新部在 1 月 20 日宣布，通過興建替代佩登高通率反應爐案（High Flux Reactor）。佩登研究用反應爐自 1960 年開始運轉，作為研究和製造醫療同位素使用。反應爐提供歐洲 6 成、全球 3 成的醫療放射性藥物。經農部表示，中央和佩登反應爐所在地方政府會分別提供 5,200 億的計畫資金，做為設計、採購和申請執照流程之用。



新帕拉斯反應爐計畫主持人指出，他們為此已籌備 3 年，政府正式決策出爐，等於宣告計畫進入下一個階段，而他們也早已做好萬全準備。荷蘭政府表示，帕拉斯反應爐可在 2022 年運轉，招標和申請執照的流程，也會很快進行。

WNN News 2012/01/23

核能新聞

文・編輯室

國外新聞

南韓新反應爐動土

南韓新蔚珍核電廠 2 部反應爐的動土儀式，在總統李明博的主持下揭幕。新反應爐為南韓自主設計的壓水式反應爐，因此別具意義。南韓發展核工業不遺餘力，一開始是藉由外國公司的技術移轉，耕耘多年逐步建立自有能力。新蔚珍兩部反應爐將會是首批真正沒有外國色彩、由南韓自主設計的機組。總統李明博表示，新蔚珍 1、2 號機是偉大的里程碑，代表該國「已經達成核能技術獨立的夢想了」。

WNN News 2012/05/08

美國 30 年來首座核准放射性廢棄物設施 執行處置

隨著首批廢棄物抵達場址，美國德州新低放射性廢棄物設施開始執行處置作業。位在德州安德魯斯郡的近地表設施，是美國 30 年來唯一一座獲准處置各種等級的低放射性廢棄物的設施，專門收受來自醫療、研究和發電體系的廢棄物。

此設施位於渺無人煙的乾旱區，底下有百公尺厚的黏土層，附近無地下水源，相當適合設址。廢棄物將放在 3 公尺高、20 公分厚強化鋼筋混凝土的金屬密封鋼筒中。鋼筒放在設施內，最後會以混凝土覆蓋，讓設施回歸綠地原貌，並持續監控廢棄物狀況。設施營運執照期限 15 年，德州政府可選擇在執照到期後延壽、或是除役。

WNN News 2012/05/01

雖停核 暖冬讓德國逃過碳排放量上升

即使德國發電區塊因福島事件關閉導致碳排放量上升，但 2011 年整體碳排放量還是略微下降 2.2%。德國反應爐關閉主要的影響，為電力出口減少和對電力集團的財務衝擊。

德國聯邦環境局的數據於 2012 年 4 月中出爐，2011 年德國整體碳排放量為 9.17 億噸，比 2010 年少 2,000 萬噸，約等同於 2008 年金融海嘯時的水準。由於 2011 年德國冬季偏暖，供熱需求明顯下降，天然氣、熱燃油需求減少約 9%，恰巧紓緩可能會面臨的冬季碳排放量增加的窘境。2011 年發電區塊的碳排放量，僅上升 2-6%，德國關閉 8 部反應爐，使得核能發電量從 2010 年的 0.133 兆度，下降到 2011 年的 0.102 兆度。缺少的 0.03 兆度發電量，大部分由擴增的再生能源發電補足（0.018 兆度），主要來自風力及太陽能發電。但其實擴增的再生能源容量，是由德國政府在 2011 年以 299 億美金的代價，重金砸出。

停核對德國碳排放量來看，影響不大，但對電力公司的財務衝擊則很清楚：EOn, RWe, Vattenfall 和 EnBW 等被關閉核電廠的公司，財務損失達 65 億美金，部分肇因於電力出口營收下降。能源政策對德國民眾的影響也顯而易見，該國電價為歐洲最高。跟隔壁的法國相比，德國 2011 年 11 月，每度電 0.34 美金，是法國的兩倍。

WNN News 2012/04/13

添新生力軍 中國大陸共有 15 部運轉中反應爐

超出原訂進度 2 個月，中國大陸秦山二

期4號機於4月初商轉，成為中國大陸第15部營運中的反應爐。該機組在2007年初開始澆置混凝土，施工期間為5年，於2011年11月25日連結電網，2012年4月8日商轉。位在浙江省的秦山核電基地，現已有兩部中國自主設計的機組。中國核工業總公司總經理表示，秦山二期增建計畫，隨著3、4號機陸續完工，算是完成。

秦山一期裝置一部30萬瓩的中國首部自主設計反應爐，於1991年連結電網；秦山二期有3部營運中CNP-600型反應爐，國產化程度相當高；三期則採用兩部75萬瓩的加拿大壓水式重水反應爐，於2002和2003年試運轉成功。現在秦山核電站共有7部反應爐，總容量432萬瓩，預估每年可產340億度電。雖然中國大陸興建中的核電計畫持續進行，但由於福島事故影響，新核電廠計畫尚在擱置中。

WNN News 2012/04/10

保加利亞政府中斷貝林計畫 可能面臨俄羅斯求償

保加利亞亟欲丟掉新貝林核電廠這個燙手山芋，轉求以克茲魯迪核電廠興建機組替代。但俄羅斯涉入貝林計畫甚深，恐怕不會輕易罷手。

保國政府於2005年欽點俄羅斯核電建設出口公司，興建貝林廠址的兩部壓水式機組。初期廠址工作於2008年啟動，政府也與供應商簽訂大型組件訂購合約，但是建廠計畫一直遇到資金問題。其中占49%股份的大金主—德國RWE集團，於2009年退出。同年保加利亞新政府上任，表示不願意吃下各界預期的51%股份。

2010年，在俄羅斯出手搭救金援之下，保加利亞國營電力公司總算願意吃下股份。然而，保國政府遲遲無法找到願意替代RWE角色的投資者，資金壓力相當大。保國經濟能源部長後來向政府建議，在已有6部反應爐的克茲魯迪核電廠，以原本貝林計畫採購的設備興建第7座機組，會比進行新的貝林計畫「實際的多」。不僅是因為克茲魯迪已有基礎公共建設，除此之外也較吸引投資者。

克茲魯迪核電廠是保國唯一的核電廠，廠內裝載兩部俄羅斯壓水式反應爐，分別自1987年與1991年運轉至今。該址另有4部於2006年為了加入歐盟而關閉的機組，目前在除役中。雖然訴諸法律並非不可能，但對貝林計畫涉入甚深的俄羅斯政府，尚未發表對保國中斷貝林計畫的看法。2011年中，俄羅斯核電建設出口公司，曾對保國未支付款項採取法律行動。貝林計畫的反應爐容器，已經在俄羅斯進入最後完成階段，預計4月會運往保國。

WNN News 2012/04/12, 2012/03/29

俄羅斯積極發展小型反應爐

俄羅斯除了繼續研發大型鈉冷式快中子反應爐（已售予中國大陸2部）之外，也在發展以鉛鉍合金冷卻的小型模組快中子反應爐—SVBR-100型。此類機組已供應7部阿爾法級核動力潛艇電力，約有70反應爐年的海底、10反應爐年的陸上經驗。

俄羅斯計畫在2017年底前完成SVBR-100型小型反應爐設計，並讓10萬瓩的示範廠上線，總投資金額約為5.9億美金。此型是首部使用重金屬冷卻的反應爐，概念為可發電、產熱及海水淡化的多功能核電廠。預計裝

置16部此型反應爐的核電廠成本，會比其他俄式反應爐成本更低，並可達到安全及防止核武擴散標準。同時間，俄羅斯也還在研發兩種小型反應爐，這3型反應爐，是目前俄羅斯政府研發的主要目標。

WNA Weekly Digest 2012/03/22

中斷17年後 加拿大布魯斯A廠兩部反應爐重啟

加拿大布魯斯電力公司日前重啟布魯斯A核電廠2號反應爐。2號機於1976年供電，1995年由於維修意外停機多年。由於電力公司專注在興建新核電廠，另一部1號機遂於1997年停機。該公司於2005年決定更新布魯斯A廠全數4部機組，粗估 1、2號機更新費用為48億加幣，兩部機組更新後，現將回歸發電團隊。

WNA Weekly Digest 2012/03/22

德國停核一年 電力集團受重擊

德國政府2011年福島事件後，斷然決定停止國內反應爐運轉，受重擊的EOn電力集團於1年後發表分析報告。EOn電力公司旗下4部反應爐關閉，增加19億美金的成本，使得跟2010年相比，減產120億度的核電電力。若加入開徵核燃料稅和被關閉機組除役的成本，整體財務影響在過去一年，高達32億美金。

該份報告解釋，有很多經濟因素降低電力需求，且天然氣電力市場供過於求，因此EOn集團減量生產317億度電力、發電收入大減44%，使集團整體收入少3成。然而EOn表示，「最壞的已經過去了」，該公司將做結構重整，於2011年8月發布可能需裁員9,000-11,000人的消息。

EOn特別強調發電減碳目標遭受挫敗，2011年EOn集團歐洲發電碳排放量，從每千度0.39公噸，上升到0.41公噸。該公司指出，碳排放量上升5%，是因為德國政府關掉集團數座核電廠，造成發電零排放的比例下降。然而該公司長期仍會朝減碳目標前進。由於德國要在2022年前廢核，該電力集團預計的碳排放目標，還得等到5年以後才能達到。

WNN News 2012/03/14

澳洲參議院通過放射性廢棄物草案

澳洲參議院通過新「2010國家放射性廢棄物管理草案」，離設置國家放射性廢棄物設施更進一步。新草案將需要再經過眾議院通過，才算正式定案。澳洲沒有核能發電，所以製造的中低放射性廢棄物相對不多，大多來自醫療用的放射性同位素和研發與工業用途。目前這類放射性廢棄物暫時貯存在各大學、醫院和實驗室內，澳洲政府的目標是建立一站式廢棄物管理設施。

新草案的精神建立在自願設址。也就是說，如果不是設施場址地區「自願提名」設址，便不合法。能源資源部長佛古森發表聲明，樂見法案通過，特別指出新法案中強調的程序公平正義。他並且再度重申，澳洲不會接受任何國外生產的核子廢棄物在該國處置。

雖然草案同意任何社區自願提名設址，但實際上政府已有屬意地點。澳洲北領地的麥凱堤區，於2007年由當地原住民依法提名為潛在場址。雖然聯邦政府內部分原住民人士干預設址，但合法性再度經由新法令認可。

WNN News 2012/03/13

國內新聞

環境輻射監測資訊 App 一機搞定！

一機在手，全國環境輻射監測資訊全搞定！原子能委員會於今日正式推出「核安即時通」App 應用軟體免費下載，除提供民眾隨時隨地查詢目前距離最近的環境輻射監測站的輻射量數值，更提供輻射屋、核電廠即時資訊、核物料資訊及原子能最新消息等查詢功能，民眾只要彈指之間就可輕鬆掌握，讓您身在「輻」中可知「輻」。

去年發生日本福島事件後，民眾高度關切環境輻射及國內核電廠安全，為使民眾瞭解所在環境輻射、輻射屋查詢、國內核電廠管制動態，以及即時便民資訊，原能會特別建立核安即時通 APP 應用程式，讓民眾更輕易接收或查詢各項原子能相關民生資訊。「核安即時通」App 應用軟體目前已經上線，不需要任何費用，各智慧型手機及行動裝置皆可提供民眾下載使用（此應用軟體已分別於 Apple App Store 及 Android Market 上架），只要進入上述市集以「核安」關鍵字搜尋，即可免費下載安裝。

2012.04.09. 本刊訊

EPRI 除役經驗與資訊分享 向國際取經

台電公司為推動我國核電廠除役作業，4 月 11-12 日邀請美國電力研究所（EPRI）的專家來台，舉辦「除役經驗介紹與資訊分享會議」。

台電公司目前已成為美國 EPRI 的除役技術會員，日後將可獲得所有相關資訊與產品，以及以下協助：電力設施經驗基礎報告、



▲ EPRI 專家來台，提供核電廠除役經驗與資訊

管制的規章與導則、低放射性廢棄物處理、電廠除役計畫導則、場址特性與除污、技術的發展與驗證。

EPRI 表示，台電公司在未來 3 年會員身份期間：

- 有權獲得 EPRI 有關矯正與除役所有的出版品與報告
- 可以參加 EPRI 所舉辦的相關會議與技術研討會
- 將技術範圍與報告標題列入 EPRI 的報告之中
- EPRI 專家定期來訪，與台電公司交流，提供研究成果

研討會中，台電及除役相關業務的工作人員針對電廠除役計畫的訂定、時程控制、預算編列、人力配置等執行作業踴躍提問，EPRI 的專家就其在國際間的實務經驗一一詳實答覆，交流相當熱烈。

2012.04.11. 本刊訊

假牙輻射未超標 致癌機率極微

日前媒體報導含輻射假牙「送往原能會核能研究所進行加碼能譜分析，顯示樣本鈾系核種的放射性活度達每公克 0.936 貝克。據 ISO 6872 對牙科用陶瓷規範，放射性物質需低於每公克 0.1 貝克。」經原能會查證 2008 年公布的國際標準 ISO 6872 對於牙科用陶瓷規範，鈾系列核種活度標準值為每公克 1 貝克，因此報導的假牙輻射並未超過標準。

由於鈾系為天然放射性物質，廣泛存在於我們的生活環境中，例如土壤、建材。就以上報導中測得的假牙輻射量，造成肺癌及骨癌的機率微乎其微。

2012.04.13 本刊訊

台電邀請西屋提供除役經驗與資訊分享

因應政府未來核一二三廠的除役計畫，台電公司核能後端營運處於 4 月 24-25 日舉辦「除役經驗介紹與資訊分享會議」，邀請美國西屋公司專家分享在西班牙、法國各國執行除役計畫的經驗，吸引約 60 名的台電、原能會、工程公司等專業人士到場聆聽。主要議題包括：西屋公司除役及除污專業、廢棄物系統及處理、沸水式反應爐除污方法、反應爐容器內部組件拆除和運轉中電廠的用過核燃料中期貯存。

2012.04.24. 本刊訊



▲ 西屋公司專家來台分享除役技術與方法

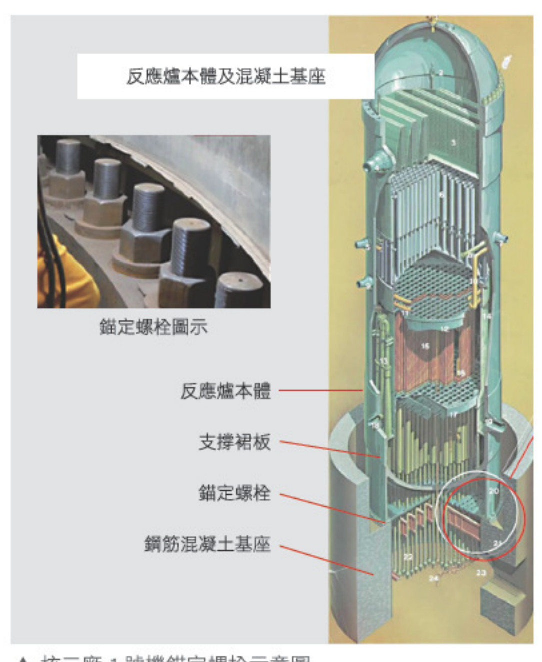
核二廠螺栓屬核能等級 製造施工須符核安標準

核二廠反應爐錨定螺栓屬於核能級產品，製程中每一項加工步驟，都要通過相關規定嚴格測試，基於核能安全考量，不允許以未經認證合格的產品安裝於核能安全設備上。由於核能級產品製程複雜，其製造成本也較一般產品高。核二廠 1 號機反應爐支撐裙板錨定螺栓斷裂，必須採緊急處理，屬於緊急採購，而且數量有限，因此價格無法與一般商業產品相比。

核二廠委託原設計廠家奇異公司以包套方式承作，內容包括專業人員及機具，緊急動員來現場施作、提供修復所需的核能級螺栓材料（含派員赴廠執行製程監督）、工程設計、結構安全分析，以及為符合核能法規所需的品保作業等。

本案根據奇異公司報價美金 2,918,494 元，台電公司正洽談減價中。其中核能級螺栓（包含螺帽、墊圈）的材料與製造費每一組約新台幣 143 萬元，9 組共需台幣 1,291 萬元，占總修復作業費用約 15%。台電公司表示，曾洽詢報載幾家公司，皆非美國機械工程師協會認證合格的工廠，無法符合核能安全要求。

本事件的相關報告依程序需送原能會審



▲ 核二廠 1 號機錨定螺栓示意圖

查，確認機組安全無虞，經核准後台電公司才會重新啟動 1 號機。

2012.04.24. 本刊訊

台電公布核二廠 1 號機錨定螺栓超音波檢測紀錄 作假指控並非事實

對於核二廠反應爐支撐裙板錨定螺栓超音波檢測工作，台電公司依據美國工程師協會（ASME）的規定，編定「螺件之超音波檢測」程序書據以執行，並做成檢測報告，將正常與有問題的螺栓分別記錄。本次檢測結果顯示，其中有 3 支已經斷裂或接近斷裂，另外 4 支則有不同位置的瑕疵信號。為保留此斷裂或瑕疵信號，有問題的螺栓各取一代表性信號圖加以儲存做為佐證；無問題的螺栓，依作業程序書及國際慣例，不需逐項留存信號，但須於檢測報告簽名以示負責。台電公司超音波檢測結果的記錄方式，符合 ASME 規章的要求與超音波檢測程序書規定，參與本次檢測的人員均持有合格超音波檢測證照。

台電公司依原能會要求重做 113 支超音波檢測，已於 5 月 3 日完成，檢測結果均合格，過程在原能會督導下進行，並錄影存證以昭公信。對於媒體指控造假，台電嚴正駁斥。

2012.05.19. 本刊訊

核二廠 2 號機大修異物掉落爐心 評估後可安全運轉

核二廠 2 號機於 100 年 10 月機組大修期間，由美商奇異公司執行反應爐爐內清理及檢測工作時，發生塑膠刷毛與墊片掉落爐心事件，台電公司已於第一時間通報原能會，要求奇異公司進行必要處置並進行安全評估。經評估，確認安全無虞並取得原能會同意後才進行運轉，半年來的運轉及追蹤均顯示正常。台電公司表示將持續追蹤，並更換毛刷款式及增加超音波檢查的模擬測試程序，防範類似事件再度發生。

上述異物掉落事件，台電公司立即通報原能會、要求奇異公司找尋掉落物並進行安全分析。經追蹤及評估後，確認遺落的塑膠刷毛及墊片將可被運轉時的高溫爐水熔解，而遺落的小夾釘也無安全顧慮，並可經由電廠監控機制確保核燃料棒的完整性。電廠也依程序要求，於機組啟動及平常運轉中定期測試控制棒抽插功能，經半年來的運轉及密切監控，控制棒及核燃料均顯示正常。

2012.05.07. 本刊訊

龍門核電廠建廠管制現況報導

文・編輯室

台電公司對原能會注意改進事項編號 AN-LM-100-016-5-4 的第 2 次答覆說明中，台電公司所附文件有關水密門水密性測試的測試要求屬何階段應測試項目、以噴水方式如何達到測試壓力要求、相關規定與程序等有關水密性測試待澄清事項，請台電公司詳述該測試程序要求與實際測試作業情形。

3 月 26 日至 30 日原能會就龍門計畫 1 號機進行第 46 次定期視察，發現：(1) 支撐架在圍阻體襯鈑上的安裝位置，其背面側是否須有加勁 T-Bar，提供力量傳遞至混凝土結構；(2) 安裝位置若無預埋鈑時，是否需額外增加背襯鈑，使系統載重能適當傳遞至混凝土中，以確保圍阻體襯鈑的包封完整性不受影響；(3) 焊附在圍阻體襯鈑上的背襯鈑材質與圍阻體襯鈑材質的一致性；(4) 電氣系統的導線管多處是以 C 型 Channel 做為支撐座，且數量眾多，能否符合 GE 公司對附銲在 RCCV Liner 上的載重設計；(5) 現場實際安裝的焊接方式與 GE 公司圖面不同；(6) 安裝位置偏離 T-Bar 位置，以及 (7) 檢驗文件有記錄不完整等問題。上述視察發現將進一步查證，以確認與 ASME Code Sec. III Div.2 CC 符合性。

抽查 1 號機上、下乾井鬆脫組件監測系統感測纜線安裝現況，發現部分振動感測器的感測纜線未安裝於導線管或金屬軟管內，直接裸露於牆外並延長至接線盒；另部分振動感測器的感測纜線有對接狀況，且未納入 NCR 管制，不符相關規定，已開立注意改進事項，要求台電公司進行檢討改善，並全面清查 1 號機上、下乾井儀用纜線的安裝現況，如有對接而未納入 NCR 管制者，應一併進行檢討改善。

3 月 29 日 1 號機汽機廠房 EL.30500 消防栓箱的 2½" 太平龍頭脫落致消防水大量湧出，水經該層開口漏至該廠房各樓層。經查證太平龍頭脫落的原因是維修不當所致。另查施工處對消防栓箱的安裝檢驗紀錄，未確認所安裝的消防栓箱水帶接頭其螺紋及襯墊可符合 NFPA 1963- 消防水帶接頭標準的要求，已於 4 月 3 日開立注意改進事項要求台電公司改善。

4 月 11 日龍門電廠反應爐廠房廠用海水系統（RBSW）自動逸氣閥動作異常，導致閥室淹水，核管處駐廠視察員接獲通報後即赴現場見證排除積水等處理情形。該閥室為冷卻海水管路上專為自動逸氣裝置設置的小房間，淹水事件對於設備與環境的影響不大。原能會已於 4 月 13 日要求台電公司就該事件專案報告，並作成 6 項決議。要求台電公司：提報本事件受影響設備清單及後續修復

情形，檢討 10CFR 21 通報判定作業並確認本案是否應進行通報及加強電廠人員品保訓練；儘速解決自動逸氣閥浮球定位問題，並在問題解決前需經適當品質程序評估與管控所提運轉暫行措施，以及於 RBSW 的起停作業，加強本系統流徑的監控，以避免類似狀況再度發生；再評估自動逸氣閥臨時加裝消防軟管排水的適當性及再行檢查全廠管路自動逸氣閥，並針對 1 號機 RBSW 泵高振動及泵室水位量測問題，儘速確認肇因並完成改善。

4 月 12 日完成台電公司第 30 次提送龍門電廠 FSAR 的修訂案第 3 次答覆的審查意見函覆作業，本案是將電氣管槽的間距降為 0-5mm 的修改申請，但是引用的測試資料有測試數據不足之虞，經請台電公司委託具公信力的公司實際測試，再依測試資料，研訂電氣管槽的相關間距。送原能會審查時，須提供完整的測試報告內容，以及與龍門電廠設計依 IEEE Std 384-1992 6.1.1.3 所述內容逐項比對分析，並完成相關評估報告，再視需要提出 FSAR 修改申請事宜。台電公司在收到原能會函復文後，已再來函表示將撤回本修訂案。

台電公司提供之工程進度（截至 101 年 4 月底止）：

	總進度	設計	採購	施工	試運轉
比例	100 %	19 %	15 %	58 %	8 %
1 號機預計進度	99.06 %	100 %	100 %	98.38 %	100 %
1 號機實際進度	95.40 %	99.74 %	100 %	97.69 %	59.81 %
2 號機預計進度	96.88 %	99.72 %	100 %	98.10 %	75.50 %
2 號機實際進度	91.39 %	98.88 %	99.99 %	96.56 %	20 %
合計進度	93.48 %	99.33 %	100 %	97.15 %	40.70 %
預定進度	98.01 %	99.87 %	100 %	98.25 %	88.24 %
差異	-4.53 %	-0.54 %	0%	-1.10 %	-47.54%

【註 1】合計進度＝ 1 號機進度 ×52%＋ 2 號機進度 ×48%
【註 2】本月份合計進度較 101 年 3 月底增加 0.02%

Curie 居禮夫人



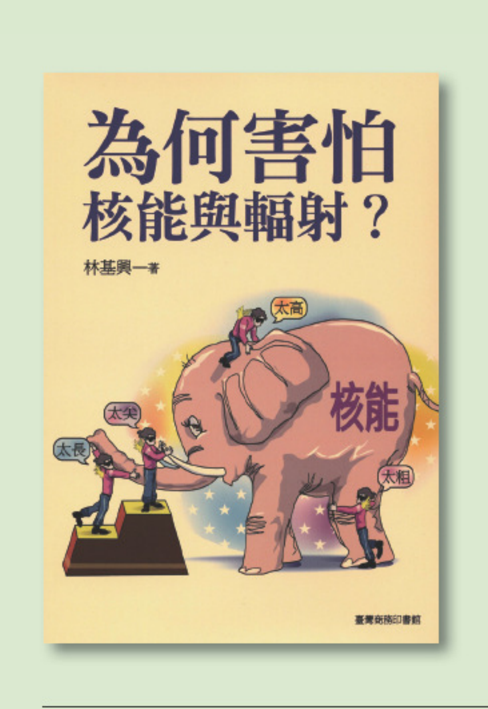
看到報紙上諾貝爾獎得主的消息，姊姊覺得很奇怪：「為什麼世界上有名的科學家都是男生？」媽媽放下手邊的工作，告訴姊姊居里夫人的故事。

居里夫人經過了 35 個月的努力研究，從 400 噸的礦渣中獲得了 0.1 克的純氧化鐳。1903 年，終於獲得諾貝爾物理獎。居里夫人隨後成為巴黎大學 650 年來第一位女性教授。1911 年，居里夫人再度獲諾貝爾化學獎，成為第一位獲得兩個諾貝爾獎的科學家。而她的女兒，伊蓮娜居里則是傑出的物理學家，也在 1935 年獲得諾貝爾化學獎。

媽媽很開心的說：「我們女生也可以成為世界頂尖的科學家呢！」

本文取材自「原子能 ABC」，行政院原子能委員會，99 年 12 月出版

本書以通俗方式解釋核能與輻射的正確知識，
祛除正在污染社會的「核能輻射恐慌」。





出版社：台灣商務印書館 www.cptw.com.tw

作者：林基興
現職：行政院科技會報辦公室研究員
科學月刊社理事長
環保署「非游離輻射預警機制風險評估小組」
主席
學歷：美國華盛頓大學工程博士
經歷：《科學月刊》與《科技報導》總編輯
台灣大學化工所兼課
著作：《電磁恐慌》
語言：法、德、俄、日、英